

УДК 622.7

**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ МАГНИТНОГО
ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ****Кишин С.В.****Научный руководитель – Маркова С.А.*****Сибирский федеральный университет***

В Российской Федерации 75 % всех ресурсов, вовлекаемых в общественное потребление, составляет минеральное сырье, к которому в частности относятся железосодержащие руды.

С помощью магнитных методов решаются многие технологические задачи в различных отраслях народного хозяйства. В обогащении полезных ископаемых магнитные методы являются основой для получения концентратов черных и редких металлов, широко применяются они при переработке переработки руд цветных и благородных металлов и многих других полезных ископаемых, где решаются задачи не только извлечения ценных минералов, но и очистки от магнитных примесей, удалении металлолома и т.д.

Анализируя современное состояние отрасли, можно заметить постоянное увеличение объемов добычи и потребления железных руд. Из этого следует необходимость расширения технологических возможностей существующих процессов магнитной сепарации, создание новых высокотехнологичных процессов сепарации, конструирование высокопроизводительных сепараторов, совершенствование существующих сепараторов, способных перерабатывать тонковкрапленные руды, а также техногенные месторождения, большие запасы которых достаточны для заданных темпов развития народного хозяйства.

К таким методам можно отнести применение комбинированных магнитных систем и сепарацию во вращающихся магнитных полях, разработанных автором совместно с сотрудниками института физики им. Киренского Сибирского отделения РАН и компании ОАО «Евразруда».

В существующих магнитных сепараторах основную роль при разделении минеральной смеси играют магнитные силы, прижимающие сепарируемый продукт к поверхности барабана. Далее при движении руды вследствие вращения барабана сепаратора с неподвижным магнитным полем частицы с разными магнитными свойствами имеют различные траектории движения. Это позволяет выделить их в отдельные продукты.

При использовании вращающихся полей отсутствует вращение барабана. Для разделения минеральной смеси используется вращающаяся магнитная система из специальных постоянных магнитов, то есть создается вращающееся магнитное поле, которое позиционируется как два или более пульсирующих магнитных полей, сдвинутых относительно друг друга по фазе и в пространстве.

Известно, что при повороте постоянного магнита магнитные частицы минералов вращаются в противоположном направлении.

Вследствие столкновения их с другими частицами и влияния сил трения частота вращения магнитных частиц оказывается ниже частоты вращения магнита. Это приводит к многократному перемагничиванию частиц, в результате чего уменьшается магнитостатическое взаимодействие между ними.

Возникновение у магнитных частиц механических вращательных моментов вызывает интенсивное разрушение флюкул и выпадение немагнитных и слабомагнитных частиц в немагнитную фракцию. Одновременно происходит перемещение мономине-

ральных зерен относительно немагнитных частиц и образование новых мономинеральных флокул.

При неподвижной магнитной системе в процессе традиционной сепарации под действием магнитного поля происходит лавинообразное увеличение прядей, которые, не разрушаясь, с большой скоростью движутся в направлении вращения барабана с магнитами.

Принципиальное отличие этого метода сепарации заключается в том, что при вращении магнитной системы с регулируемой скоростью достигается совмещение эффективного разрушения магнитных флокул с селективной магнитной сепарацией пульпы, то есть селективного выделения мономинеральных зерен до того, как сепарируемый продукт достигнет поверхности барабана, где происходит его «прессование» под действием сил магнитной системы.

Для моделирования процессов сепарации во вращающихся магнитных полях изготовлены опытные образцы различных модификаций лабораторных магнитных сепараторов-анализаторов и аппаратов с использованием в основе вращающихся переменных магнитных полей, создаваемых постоянными магнитами.



Рис. 1. Процесс сухой магнитной сепарации, полученный на сепараторе анализаторе:

а – общий вид сепаратора-анализатора;

б – увеличенное изображение процесса сухой магнитной сепарации

На рис. 1 наглядно виден процесс разделения материала на составляющие, флоккулы, из магнитной фракции вращаясь, поднимаются вверх, частицы пустой породы скользят вниз по наклонной плоскости, что показывает многократное отделение пустой породы в процессе обогащения.

Представленный образец лабораторного магнитного сепаратора-анализатора позволяет производить селективное разделение минеральных смесей на магнитные фракции с целью оценки максимально возможного и экономически целесообразного извлечения железа.

Таким образом, в сепараторах с вращающимся магнитным полем происходит отделение магнитных минералов от сростков с ними и от тонких нерудных частиц. Это позволяет рекомендовать эти сепараторы для применения в операции перемешивания магнитной фракции обычных сепараторов с целью выделения части готовых продуктов при более грубом измельчении и доводки магнетитовых концентратов для повышения их качества, а также для очистки тонкодисперсных немагнитных продуктов от магнитной фракции.

Применение комбинированных магнитных систем позволяет достичь результата совокупности вращающихся, притягивающих и выталкивающих магнитных полей по ходу движения материала. Техническим результатом, которого является повышение качества процесса разделения мелкой неклассифицированной руды, одновременное протекание на поверхности барабана процессов магнитной агитации (вращения), раз-

рыхление слоя за счёт выталкивающей силы и чередование процессов вращения, притяжения и выталкивания магнитных частиц магнитными силовыми линиями.

В развитие темы по результатам многочисленных модельных испытаний на различных рудах как классифицированных, так и неклассифицированных – создан лабораторный универсальный магнитный сепаратор с комбинированной магнитной системой. На рис. 2 представлено схематическое изображение сепаратора сбоку и магнитной системы в отдельности.

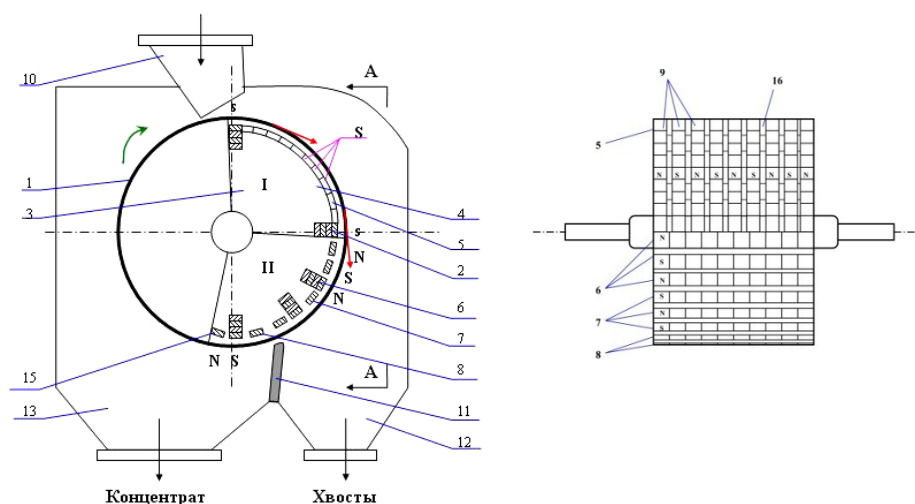


Рис. 2. Схематическое изображение магнитного сепаратора:
а – вид сбоку; б – изображение магнитной системы

Описываемый сепаратор снабжен загрузочным устройством 10, вращающимся барабаном 1 с возможностью регулировки числа оборотов, внутри которого расположена магнитная система 2, закреплённая на ярме 3 и состоящая из магнитопровода 4, постоянных магнитов в виде прямоугольников 5, 6, 7, 8 различного типоразмера. В первой четверти барабана магнитная система выполнена в виде колец 9 с чередующейся магнитной полярностью по ширине сепаратора. Соединению разнополярных полюсов препятствуют металлические распорки 16. Вторая четверть барабана состоит из магнитных рядов 6, 7, 8 с чередующейся магнитной полярностью и изменяемым по величине полюсным шагом от 120мм до 60мм.

Питатель 10, шиббер 11 и приёмники продуктов 12, 13 позволяют вести процесс в непрерывном режиме. Магнитопровод 4 состоит из стальных полос с бортиками высотой 5-8мм, закреплённых на ярме 3 радиально с возможностью регулировки по высоте – для обеспечения калиброванного зазора 4-5мм между поверхностью магнитов и немагнитной обечайкой. Оригинальная конструкция магнитопровода обеспечивает требуемый воздушный зазор и всю конфигурацию универсальной магнитной системы, как в осевом, так и в радиальном направлениях. Конец системы оборудован устройством для беспрепятственного схода материала 15.

Работа сепаратора осуществляется следующим образом. Обогащаемый материал через питатель 10 поступает на поверхность немагнитного барабана 1 и при его вращении транспортируется в зону действия магнитного поля кольцевой магнитной системы 9, образованной магнитными пластинами 5.

Наличие выталкивающей магнитной силы при чередовании с притягивающей и одновременным наличием вращательных магнитных моментов при чередовании полюсов позволяет вращать и встряхивать материал магнитными силами, освобождая, таким

образом, частицы пустой породы, запутавшиеся во флокулах и, способствуя тем самым их удалению в отвальные хвосты. Качество получаемых продуктов регулируется центробежной составляющей процесса разделения и шиберной заслонкой.

Таким образом, используя различные варианты компоновки неодимжелезоборосодержащих магнитных блоков с количеством магнитных пластин от 1 до 6 достигается индукция необходимая и достаточная для обогащения крупнокусковой неклассифицированной магнетитовой руды при различных режимах сепарации.

Первую четверть материал проходит без магнитной агитации, что и требуется для крупных – до 250мм кусков. Пустая порода отделяется именно в первой четверти барабана. Окончательная доводка извлеченного на первом этапе сепарации материала происходит во второй четверти сепаратора с поперечнорасположенными магнитными рядами 7, 8, 9; состоящим из пластин различного размера: 7,8 - 60×80мм, 9 - 40×80мм, обеспечивающим переменный полюсный шаг, конфигурацию и градиент поля. Во второй четверти также имеется возможность компоновки магнитов в блоки от 1 до 6. Переменный полюсный шаг обеспечивает магнитную агитацию и получение качественных продуктов, что способствует повышению эффективности сепарации неклассифицированного материала. Магнитный продукт, притянутый к поверхности немагнитного барабана 1, при его вращении переносится к приемнику 13, в который он попадает с помощью устройства для схода материала, а немагнитный продукт – под действием центробежной и силы тяжести попадает в приемник 12.

Полученные результаты опытных испытаний показывают возможность выделения отвальных хвостов в количестве от 17 до 24% из дробленного продукта уже после первой стадии дробления в щековых дробилках крупностью до 300мм. Технологические преимущества направления - возможность создания технологических схем со стадийным выделением отвальных хвостов после каждой стадии дробления.

В известных конструкциях сепараторов используются либо магнитные системы с чередующейся магнитной полярностью по ходу движения материала, либо магнитные системы с кольцами – для ленточных сепараторов (финской фирмы «Метсо Минералз»).

В сепараторах с комбинированной магнитной системой происходит поэтапное отделение пустой породы от магнетитов по мере продвижения разделяемых компонентов в магнитных полях различных составляющих магнитной системы, при этом обеспечивается магнитный транспорт промпродукта с минимальными потерями на токи Фуко в первой четверти барабана – зоне действия кольцевой магнитной системы, и магнитная агитация с переворачиванием извлеченного продукта – во второй четверти барабана – зоне действия системы с переменным полюсным шагом.

Таким образом, за счет применения комбинированных магнитных систем возможно обогащение крупнокускового неклассифицированного материала, что значительно расширяет область применения сухой магнитной сепарации как самостоятельной операции на шахтах, карьерах, фабриках, без потерь ценного компонента, что также позволит сократить затраты на транспортировку и дробление руды.

Подводя итог, можно сказать, что современное техническое и научное состояние в области магнитного обогащения позволяет уже на данном этапе внедрять и конструировать новые высокотехнологичные аппараты, которые способны заменить существующие и повысить эффективность и самостоятельность данного метода как такового, без применения сложных технологических схем обогащения. Обозначенные в работе направления развития позволяют расширить границы крупности эффективного обогащения железосодержащих материалов.